УДК 631.37
DOI: 10.24412/1999-6837-2021-1-108-112

Шишлов С.А., д-р техн. наук, профессор;
Шишлов А.Н., канд. техн. наук, доцент;
Чугаева Н.А., канд. биол. наук, доцент

ДЕФОРМАЦИЯ ПОЧВЫ КЛИНОВИДНЫМИ ПОЧВОЗАЦЕПАМИ

© Шишлов С.А., Шишлов А.Н.,2021

Резюме. В статье представлены некоторые результаты теоретических и экспериментальных исследований деформации почвы клиновидными почвозацепами. Установлено, что до момента срыва почвы по вершинам почвозацепов ее деформация по глубине под действием усилия от наклонной упорной поверхности почвозацепа описывается законом, аналогичным распределению напряжений по высоте упорной поверхности. Это послужило основанием для определения касательной силы тяги, реализуемой за счет деформации почвы клиновидным почвозацепом. Анализ уравнения касательной силы тяги дает возможность обоснования оптимального значения угла наклона упорной поверхности почвозацепа.

Ключевые слова: почва, почвозацеп, деформация, тягово-сцепные свойства, касательная сила тяги.

UDC 631.37

S.A. Shishlov, Dr. Tech. Sci., Professor;
A.N. Shishlov, Cand. Tech. Sci., Associate Professor;
N.A. Chugaeva, Cand. Biol. Sci., Associate Professor

DEFORMATION OF THE SOIL BY WEDGE-SHAPED GROUSERS

Abstract. The article presents some results of theoretical and experimental studies of soil deformation by wedge-shaped grousers. It is established that until the soil failure on the top of grousers, its deformation along the depth under the force action from the inclined thrust surface is described by a law similar to the tension distribution along the thrust surface height. This was the basis for determining of the tangential traction force realized due to the soil deformation by a wedge-shaped soil grouser. Analysis of the equation of tangential traction force makes it possible to justify the optimal value of the inclination angle of the thrust surface of the soil grouser.

Key words: soil, grouser, deformation, traction properties, tangential traction force.

Введение. Почва – дискретная многофазная среда, которая характеризуется составом, многоуровневой структурой, физико-механическими свойствами, а также способностью воспринимать и передавать механические воздействия деформатора. При взаимодействии с почвой движителей сельскохозяйственных машин и мобильных энергетических средств характер деформации почвы во многом

определяет тягово-сцепные свойства и, как следствие, возможность передвижения агрегата и осуществления им агротехнических операций [2, 3, 1].

Цель работы – определение касательной силы тяги на основе характера деформации почвы клиновидными почвозацепами гусеничного движителя.

Условия и методы исследования. Объектом исследования являлся движитель гусеничного трактора с клиновидными почвозацепами. Методика исследования базировалась на основных закономерностях деформации и физико-механических свойствах почв при воздействии на них движителей машин.

Результаты исследований. В рассматриваемом случае деформатором является упорная поверхность клиновидного почвозацепа, передающая энергию воздействия на почву, которая преобразуется в поглощенную энергию уплотнения почвы. Процесс поглощения энергии сопровождается распространением в почве волн деформаций и напряжений, передающихся от верхних слоев к нижним, ослабевая по глубине вследствие наличия трения между частицами почвы и снижения подводимых энергетических импульсов. Приведенные рассуждения позволяют предположить, что закономерность линии, ограничивающей деформацию почвы по глубине, адекватна закону распределения нормальных напряжений по высоте почвозацепа [4]. Возникающая при этом касательная сила тяги пропорциональна объему почвы, деформируемому упорной поверхностью почвозацепа. Графически это положение представлено на рисунке 1, где - угол при вершине почвозацепа, φ - угол внутреннего трения почвы.

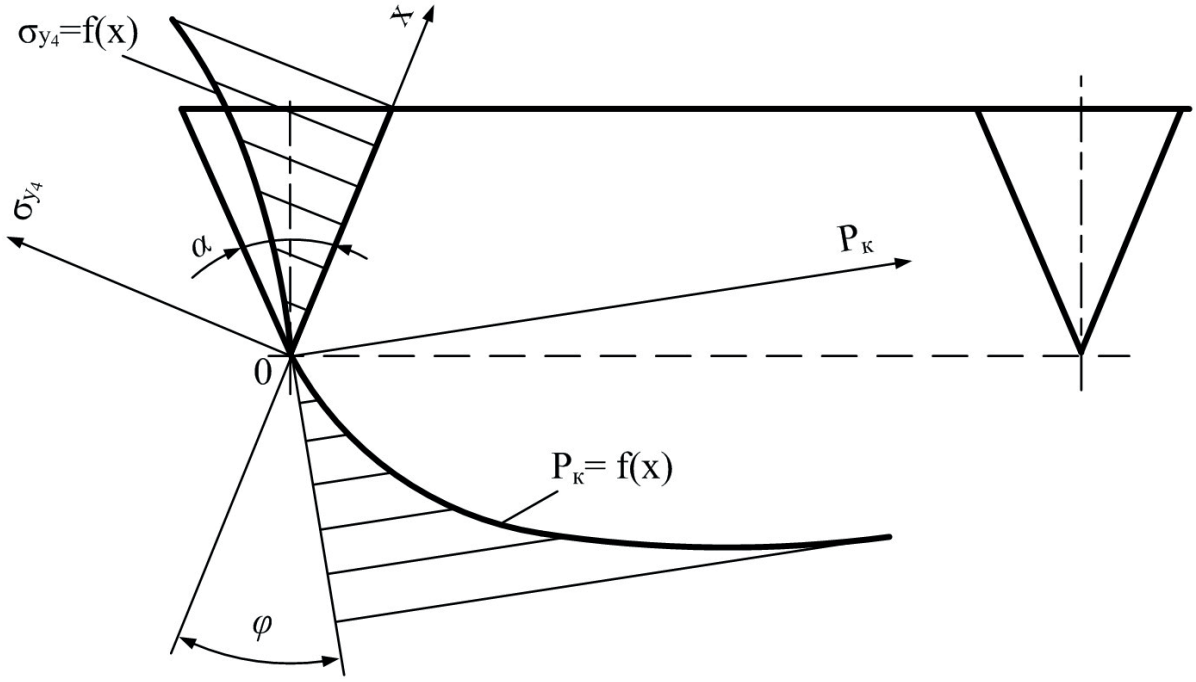


Рис. 1. Закономерности изменения напряжения (σу4) и касательной силы тяги (Рк) по высоте клиновидного почвозацепа.

С учетом геометрических параметров движителя, физико-механических свойств почвы, закона распределения напряжений, описываемого полиномом четвертого порядка, величину касательной силы тяги, реализуемой движителем от деформации почвы клиновидными почвозацепами, можно определить из уравнения

$$P_к = \frac{a_4 \cdot l^2 \cdot h \cdot n \cdot (b \cdot cos\frac{\alpha}{2} - h)}{\varepsilon \cdot \delta \cdot cos\frac{\alpha}{2}}, \quad (1)$$

где α – погонная плотность почвы по глубине,

l – длина опорной поверхности движителя,

h – высота почвозацепа,

n – количество почвозацепов в зацеплении с почвой,

b – ширина почвозацепа,

ε – коэффициент бокового расширения почвы,

δ – буксование движителя.

Для экспериментальной проверки предложенной гипотезы нами проведены исследования с помощью метода «песчаных столбиков», позволяющего наглядно оценить характер деформации почвы упорной поверхностью почвозацепа.

Результаты исследования показывают, что процесс смятия почвы упорной поверхностью клиновидного почвозацепа (рис. 2) происходит по сдвиговым площадкам, которые образуются по глубине, описывая линию, отображающую закон изменения напряжений на упорной поверхности почвозацепа (рис. 1), повернутую на 90 градусов с учетом угла внутреннего трения почвы φ.

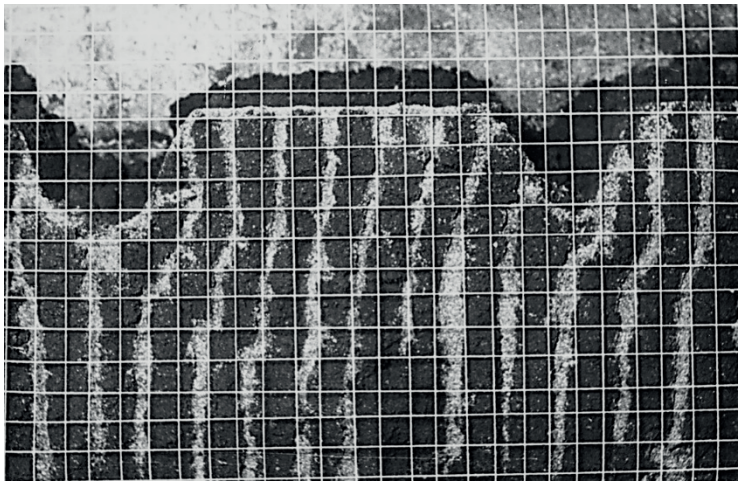


Рис. 2. Смятие почвы упорной поверхностью почвозацепов.

На основании прямой пропорциональной зависимости между напряжениями и величиной касательной силы тяги можно сделать заключение, что ее величина является функцией объема почвы, деформируемого упорной поверхностью почвозацепа.

Уплотнение почвы происходит до тех пор, пока сдвигающие напряжения в почве по вершинам почвозацепов не достигнут величины предела ее прочности на сдвиг (рис. 3).

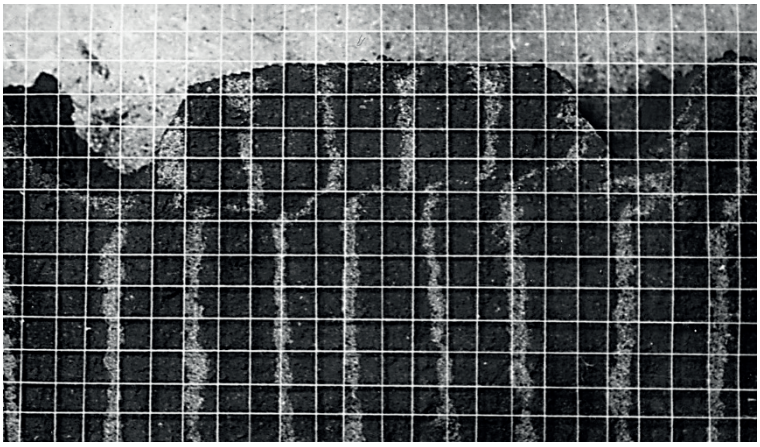


Рис.3. Срыв почвы по вершинам почвозацепов.

В этом случае происходит срыв почвы по вершинам почвозацепов, возрастает величина буксования, что приводит к снижению касательной силы тяги движителя.

Исследуя на экстремум уравнение (1), определим значение угла, при котором деформируется наибольший объем почвы, и касательная сила тяги достигает максимального значения

$$\frac{d^2 P_k}{d\alpha^2} = 0. \quad (2)$$

Решая уравнение (2), получим

$$\alpha = 2arccos\frac{2h}{b}. \quad (3)$$

Вывод. Проведенные исследования показывают, что закон изменения касательной силы тяги адекватен закону изменения напряжений на упорной поверхности клиновидного почвозацепа движителя гусеничного трактора. Величина касательной силы тяги является функцией объема почвы, деформируемого упорной поверхностью почвозацепа.

Список литературы

1. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур: монография / Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов / Дальневост. гос. аграр. ун-т. – Благовещенск: Изд-во Дальневост. гос. аграр. ун-та, 2017. –272 с.

2. Шишлов, С.А. Фрикционно-адгезионные свойства почв Приморского края, влияющие на работу машин / С.А. Шишлов, А.Н. Шишлов, П.В. Тихончук, С.В. Щитов, А.Б. Жирнов // Научное обозрение. – 2016. - №17. – С. 102 – 106.

3. Шишлов, С.А. Разрушение почвы почвозацепами гусеничного движителя / С.А. Шишлов, А.Н. Шишлов // Аграрный вестник Приморья. – 2019. - №1(13). – С. 40 – 41.

4. Шишлов, С.А. Напряжения на упорной поверхности почвозацепа гусеничного движителя / С.А. Шишлов, А.Н. Шишлов, М.С. Шапарь// Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. - №3 (47). – С. 141 – 144.

References

1. Povysheniye effektivnosti ispol'zovaniya mobil'nykh energeticheskikh sredstv v tekhnologii vozdelyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: monografiya (The efficiency increase of the use of mobile energy resources in the technology of cultivation of agricultural crops: monograph), E.E. Kuznetsov, S.V. Shchitov, Dal'nevost. gos. agrar. un-t, Blagoveshchensk, Izd-vo Dal'nevost. gos. agrar. un-ta, 2017, 272 p.

2. Shishlov, S.A. Friktsionno-adgezionnyye svoystva pochv Primorskogo kraya, vliyayushchiye na rabotu mashin (Friction and adhesion properties of soils in Primorsky Krai, affecting the operation of machines), S.A. Shishlov, A.N. Shishlov, P.V. Tikhonchuk, S.V. Shchitov, A.B. Zhirnov, Nauchnoye obozreniye, 2016, No 17, PP. 102 - 106.

3. Shishlov, S.A. Razrusheniye pochvy pochvozatsepami gusenichnogo dvizhitelya (Destruction of the soil with the ground locks of the caterpillar mover), S.A. Shishlov, A.N. Shishlov, Agrarnyy vestnik Primor'ya, 2019, No 1(13), PP. 40 – 41.

4. Shishlov, S.A. Napryazheniya na upornoy poverkhnosti pochvozatsepa gusenichnogo dvizhitelya (Tensions on the persistent surface of the track carrier), S.A. Shishlov, A.N. Shishlov, M.S. Shapar, Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik, 2018, No 3 (47), PP. 141 – 144.

Информация об авторах

***Шишлов Сергей Александрович**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО Приморская государственная сельскохозяйственная академия, контактная информация: 89146705133; e-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru;*

адрес: 692527, Приморский край, г. Уссурийск, ул. Андрея Кушнира, д. 20, кв. 45.

***Шишлов Александр Николаевич**, доцент, канд. техн. наук, ФГБОУ ВО Приморская государственная сельскохозяйственная академия, доцент, кандидат технических наук, контактная информация: тел. 89147113020; e-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru;*

***Чугаева Наталья Александровна**, доцент, кандидат биологических наук, ФГБОУ ВО Приморская государственная сельскохозяйственная академия, декан института животноводства и ветеринарной медицины, контактная информация: тел. 89146705133; e-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru.*

Information about authors

***Sergey A. Shishlov**, Doctor of Technical Sciences, Professor; Primorskaya State Academy of Agriculture; Ussuriisk, Primorsky Krai, Russia; E-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru;*

***Aleksandr N. Shishlov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Primorskaya State Academy of Agriculture; Ussuriisk, Primorsky Krai, Russia; e-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru;*

***Natalia A. Chugaeva**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor; Primorskaya State Academy of Agriculture; Ussuriisk, Primorsky Krai, Russia, e-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru;*